Aus der Abteilung für Zahnärztliche Prothetik
(Leiter: Professor Dr. med. dent. Hermann Kirsten)
der Poliklinik und Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Freien Universität Berlin
(Direktor: Professor Dr. med. Dr. med. dent. Ewald Harndt)

Retentionskräfte von Ney-Gußklammern Nr. 1 bei Dauerbelastungen in Abhängigkeit von verschiedenen Unterschnitten und Legierungen

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Hans Rainer Barz
aus Berlin-Steglitz

1968

Aus der Abteilung für Zahnärztliche Prothetik
(Leiter: Professor Dr. med. dent. Hermann K i r s t e n)
der Poliklinik und Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Freien Universität Berlin
(Direktor: Professor Dr. med. Dr. med. dent. Ewald H a r n d t)

Retentionskräfte von Ney-Gußklammern Nr. 1 bei Dauerbelastungen in Abhängigkeit von verschiedenen Unterschnitten und Legierungen

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Hans Rainer B a r z
aus Berlin-Steglitz

1968

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Freien Universität Berlin

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Professor Dr. med. Hans Heinz N a u m a n n
Referent: Professor Dr. med. dent. Hermann K i r s t e n
Korreferent: Professor Dr. med. dent. Werner H i e l s c h e r

Promoviert am: 5.11.1968

Inhaltsangabe

		Seite
I	Einleitung	1
II	Literaturübersicht	3
III	Aufgabenstellung	9
IV	Experimenteller Teil	10
	1. Physikalische Grundlagen der Retentionskraft	10
	2. Untersuchungsmaterialien	18
	3. Prinzip der Retentionskraftmessung	18
	4. Modellherstellung	19
	5. Klammerherstellung	20
	6. Methodik der Messungen	21
V	Ergebnisse	26
	1. Tabellen	26
	2. Graphische Darstellungen der Meßwerte	33
VI	Diskussion	39
	1. Meßverfahren	39
	2. Meßwerte	39
VII	Zusammenfassung	44
VIII	Literaturverzeichnis	46

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546510_0090

I Einleitung

Bei der prothetischen Versorgung des Lückengebisses werden in den letzten Jahren immer mehr Einstückgußprothesen verwendet, deren Verankerungselemente aus gegossenen Klammern bestehen. Diese nach dem Modellgußverfahren hergestellten Klammern sind heute aus klinischen und werkstoffkundlichen Gründen der handgebogenen Klammer aus gezogenen Metall-Legierungen vorzuziehen, da die anfänglichen Mißerfolge -zurückzuführen auf ungeeignete Legierungen, schlechte Paßgenauigkeit der Güsse und mangelhafte Konstruktion und Planung- in den letzten Jahren behoben werden konnten.

Als Gußlegierungen für die Klammerherstellung werden verschiedene Gold-Platin und Chrom-Kobalt Legierungen benutzt. Da aber diese Legierungen unterschiedliche mechanische Eigenschaften haben, muß diese Tatsache auch bei der Konstruktion berücksichtigt werden. So werden die Klammerformen des Ney-Systems, die zunächst nur für Goldlegierungen entwickelt wurden, vielfach aus sozialen Gründen aus Chrom-Kobalt-Legierungen hergestellt.

Die physikalischen Zahlenangaben der Lieferfirmen für Modellgußlegierungen über Härte, Fließgrenze, Zerreißfestigkeit, Dehnung u. s. w. geben keine Auskunft über das elastische Verhalten einer Klammer aus diesen Metallen. Abhängig von dem elastischen Verhalten sind die für eine Klammer wichtigen Größen der Retentionskraft und deren Veränderung bei Dauerbeanspruchung entsprechend einem langjährigen Gebrauch der Prothese. Auskunft über diese Größen geben nur spezielle Prüfmethoden, deren Meßergebnisse und Auswertung zudem eine Änderung der Lage der federnden Elemente einer Klammer

angebracht erscheinen lassen können. Mit diesem Problem und dem unterschiedlichen elastischen Verhalten verschiedener Modellguß-Legierungen soll sich diese Arbeit beschäftigen.

II Literaturübersicht

Eiselt (10) berichtet in seiner Arbeit ausführlich über die Anfänge der speziellen mechanischen Untersuchungen von Klammermaterialien, über die Einführung und Verbesserungen der Gußtechnik, die dann später den klinischen Erfolg der Gußklammern möglich machte. Das Ney-System, das eine genaue Vermessung der Pfeilerzähne verlangt und mit festgelegten Konstruktionsprinzipien und Klammerformen arbeitet, hat zu diesem Erfolg der Gußklammer bedeutend beigetragen.

Die hier angegebene Literatur ist in Hinblick auf das Problem der Klammerherstellung aus Gußlegierungen verschiedener mechanischer Eigenschaften bei nicht angepaßtem Konstruktionssystem ausgewählt.

Die Degussa (24), Übersetzer des "Ney-Buches" im Jahr 1956, schreibt in ihrem Vorwort: ....."haben wir das Handbuch "Plannes Partials" übersetzt, um dem deutschen Zahnarzt und Zahntechniker einen Einblick in die amerikanische Prothetik zu geben, soweit sie das Gebiet der aus Goldlegierungen gegossenen Prothesen betrifft."

Diese Einschränkung im Hinblick auf das Material wird zwar in der Originalarbeit nicht extra hervorgehoben aber indirekt ausgedrückt, da nur von Goldlegierungen die Rede ist.

Vor allem Singer (27), Gins (12), Heintz (15) und Drum (4) machten das Ney-System in Deutschland bekannt und sprachen in ihren Berichten von guten Erfolgen, die sie mit den Einstückgußprothesen nach dem Ney-System erzielt hatten.

Später erschienen mehrere Erfahrungsberichte u. a. von Hehring (14), Markskors (23), Kimmel (17), Anderes (1), Lorenz (22), die von guten klini-

schen Erfolgen berichteten, wobei H e i n t z (15) Abwandelungen des Ney-Prinzip bei starker Achsendivergenz der Trägerzähne bei Schaltprothesen forderte. L o r e n z (22) hält das Ney-System für die Versorgung der verkürzten Zahnreihe für ungeeignet.

Nur wenige der genannten Autoren wiesen in ihren Arbeiten darauf hin, daß dieses Ney-System auf Gold-Platin-Legierungen abgestimmt ist, verarbeiteten jedoch Chrom-Kobalt-Legierungen mit gleichen Konstruktionsprinzipien, obwohl die mechanischen Eigenschaften beider Metalle außerordentlich verschieden sind.

So schreibt als erster 1956 S i n g e r (27): "..... darüberhinaus darf das Ney-System den heute nicht zu unterschätzenden sozialen Faktor für sich beanspruchen, da alle Klammerformen ebenso wie in Gold auch in einer Chrom-Kobalt-Legierung gegossen werden können."

Und später 1963 H a h n (13): "Wir sind zu der Auffassung gekommen, daß die in vielen Ländern bevorzugt zur Verarbeitung gelangenden Goldlegierungen nicht unbedingt erforderlich sind, sondern daß sich auch mit Chrom-Kobalt-Legierungen gute Erfolge erzielen lassen."

K i m m e l (17) geht noch weiter. Er behauptet, Chrom-Kobalt-Legierungen, die für die Modellgußprothetik in Frage kommen, würden die gleichen Lösungen zulassen, teilweise wären die Werte sogar günstiger.

Es gibt aber auch Autoren, die auf dieses Problem des unterschiedlichen elastischen Verhaltens verschiedener Gußlegierungen hinweisen.

H e i n t z (15) stellt fest, daß erst durch das von der Degussa entwickelte Degulor M in Deutschland ein geeignetes Gußmaterial zur Herstellung von Gußklammern nach dem Ney-System zur Verfügung steht.

D r u m (4,5,) und H e h r i n g (14) drücken dies am klarsten aus. D r u m (4,5,): "Werden andere Klammerformen und andere Gußmaterialien angewendet als die von Ney gelieferten, so müssen die Meßstäbe auf diese abgestimmt werden. Deutsche Firmen, die Klammermaterial liefern, sollten sich die Mühe machen, die Abstimmung vorzunehmen. Es braucht nur angegeben zu werden, wie breit der Rand des kleinen Tellers am Ende des Meßstabes sein soll."

An anderer Stelle fordert er, daß die Wachs-Schablonen der Ney-Company selbstverständlich in ihrer Materialstärke nach den Eigenschaften des gewählten Klammermaterials abgeändert werden müßten. Diese abgestimmten Wachs-Schablonen sind bereits von der Firma Dentaurum -allerdings nur für die Goldlegierung Degulor M- hergestellt worden. Es fehlen aber bisher Schablonen für ändere Metall-Legierungen, speziell für Chrom-Kobalt-Legierungen.

Diese aufgezeigten Tatsachen werden von H e h r i n g (14) berücksichtigt. Seine klinischen Untersuchungen -"Partielle Modellgußprothesen nach dem Ney-System"- ergaben im wesentlichen günstige klinische Befunde. Da er aber bei der originalen Anwendung des Ney-Systems im Hinblick auf die Klammerstärke die Überforderung der elastischen Eigenschaften der Chrom-Kobalt-Legierungen befürchtete, befürwortete er bei der Konstruktion der Klammern von vornherein eine grazielere Form des federnden Klammerteils. Bei entsprechender Gestaltung der Klammerteile konnte er einen merklichen Verlust der Retentionswirkung klinisch nicht feststellen.

M a r k s k o r s (23) berücksichtigt die geringere Elastizität der Chrom-Kobalt-Legierungen gegenüber der Originallegierung der Ney-Company auf andere Weise. Er hat an allen Modellen schwächer vermessen, d. h. das für die Retentionswirkung der Gußklammern entscheidende Ausmaß des an den Klam-

merenden vorhandenen untersichgehenden Gebietes an den Pfeilerzähnen wurde kleiner gewählt. Nach zufriedenstellenden Ergebnissen fordert er, daß zur Bestimmung des Retentionsfeldes Meßteller anzuwenden sind, die auf die jeweilige verwendete Metall-Legierung abgestimmt sein müssen. Eine andere Möglichkeit, die unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften der verschiedenen Metall-Legierungen zu berücksichtigen, sieht er in der Anwendung entsprechend gestalteter Klammerschablonen.

Auch das Ausland hat sich im zunehmenden Maße mit diesem Problem beschäftigt, denn allein in den USA, dem Land in dem das Ney-System entwickelt wurde, wurden 1962 laut B a t e s (2) 83% der partiellen Prothesen aus Chrom-Kobalt-Legierungen hergestellt und nur 6% aus Goldlegierungen.

Schon 1953 verlangten O s b o r n e u. L a m m i e (25), bei der Verwendung von Stahl und Chrom-Kobalt-Legierungen die Materialstärke der Klammern zu verringern.

B a t e s (2) ist nach umfangreichen Arbeiten über das gleiche Problem der Ansicht, die Länge der Klammern bei gleichbleibendem Material-Querschnitt auf 15 mm zu vergrößern und ein geringeres Retentionsfeld zu benutzen.

Voraussetzung für jede gezielte Änderung des Ney-Systems ist selbstverständlich die Kenntnis der entsprechenden Werkstoffkonstanten der verwendeten Metall-Legierungen.

Über die Klammerdrahtmaterialien liegen umfangreiche Untersuchungen vor, u. a. von W e s t p h a l (30), L o e b i c h (21), E i c h n e r (6), E i c h n e r u. W e i s s (9) und R e h b e r g (26). Im Vergleich zu den Drahtmaterialien beschäftigten sich vor allem E i c h n e r (7), L o e b i c h (21) und L e n z (19) mit den mechanischen Eigenschaften gegossener Legierungen. Von entscheidender Bedeutung waren hier die Erkenntnisse über das elastische

Verhalten dieser Legierungen, welches durch Angaben über Elastizitätsmodul (E Modul) und Elastizitätsgrenze (E Grenze) festgelegt ist.

Über diese Werkstoffkonstanten liegen jedoch bisher nur im geringen Umfang genaue Angaben vor. L o e b i c h (21) bestimmte den E-Modul und die E-Grenze von Klammerdrahtmaterialien, während E i c h n e r (7) mit F u h r m a n n (11) und H o f f m a n n (16) Elastizitätsprüfungen an gezogenen Klammern bzw. Stäben durchführten und aus den Ergebnissen Rückschlüsse auf den E-Modul und die E-Grenze der verwendeten Metalle zogen. An Hand der Fließgrenzen errechnete K r o p p (18) für die Gußmetalle Degulor M und Degulor MO Werte für die höchstmögliche Belastung, als Biegespannung bezeichnet, und ermittelte für Degulor MO höhere Werte. L e n z (19,20) führte umfangreiche statische und dynamische Untersuchungen an Gußlegierungen durch, ermittelte E-Modul, E-Grenze und Dauerfestigkeit und kam zu dem Ergebnis, daß die Chrom-Kobalt-Legierung etwa doppelt so hohe statische und dynamische Biegebelastung ertragen können als Stahl und Ag-Pd-Legierungen.

Wichtiges Ergebnis aus diesen Arbeiten war u. a., daß der E-Modul, bestimmend für das elastische Verhalten einer Klammer, für nichtrostenden Stahl und Chrom-Kobalt-Legierungen etwa doppelt so groß ist wie das E-Modul von Edelmetall-Legierungen. Daraus ergibt sich: Die Größe der Kräfte, die die federnden Teile der Verankerungselemente einer abnehmbaren Prothese ausüben oder auf den Klammerzahn übertragen können, ist bei der Verwendung von Stahl oder Chrom-Kobalt-Legierungen etwa doppelt so groß gegenüber Gold-Platin-Legierungen.

Weitere Unterschiede im mechanischen Verhalten beider Metallgruppen wies E i s e l t (10) experimentell durch seine Retentionskraftmessungen nach. Daraus ergab sich, daß die Retentionskraft von Chrom-Kobalt-Legierungen nahezu

doppelt so groß war wie bei Gold-Platin-Legierungen.
Bei Dauerbelastung, d. h. Aufbiegen der Klammerenden entsprechend einem Abheben vom Zahn, blieben die Retentionswerte von Degulor M und MO etwa gleich, während die Werte von Chrom-Kobalt-Legierungen anfangs stark, später geringer abfielen, d. h. es trat eine bleibende Deformation der Klammerenden auf, die teilweise einen Retentionskraftverlust bis zu 70 % hervorrief.

III Aufgabenstellung

In der vorliegenden Arbeit soll durch Versuche am Phantommodell das unterschiedliche mechanische Verhalten gegossener Klammern (Ney-Klammer Nr. 1) aus Chrom-Kobalt- und Gold-Legierungen gegenübergestellt werden.

Zu diesem Zweck wurde:

1. Die Retentionskraft der gegossenen Klammern in Abhängigkeit von der Größe des Retentionsfeldes gemessen, das durch folgende Meßteller der Ney-Company festgelegt wurde:

   Größe des Retentionsfeldes = Ausmaß des untersichgehenden Gebietes an den Klammerenden.

Meßteller	inch	mm
010	0,010	0,25
020	0,020	0,50
030	0,030	0,75

2. Der Retentionskraftverlust bei Dauerbeanspruchung der gegossenen Klammer in Abhängigkeit von der Größe des Retentionsfeldes festgestellt.

IV Experimenteller Teil

1. Physikalische Grundlagen der Retentionskraft.

Die Retentionskraft einer prothetischen Klammer ist diejenige Kraft, die überwunden werden muß, um eine Klammer aus ihrer Fixierung am Zahn zu heben, d. h. sie ist eine meßbare Größe, die Auskunft über die Haltefunktion einer Klammer gibt. Die Retentionskraft bzw. die Kraft, die zu ihrer Überwindung notwendig ist, ist abhängig von:

a. Elastischen Eigenschaften des Klammermaterials.

b. Dimension der Klammerarme.

c. Lage der Klammerarme.

d. Abzugsrichtung.

e. Rauhigkeitsgrad von Klammer- und Zahnoberfläche.

f. Paßgenauigkeit der Klammer.

Zu a.)

Elastische Eigenschaften des Klammermaterials

Für die meisten Materialien gibt es einen bestimmten Deformations- und Spannungsbereich, in dem die Verformung, d. h. das für sie geltende Maß der verursachten Spannung proportional ist (S z a b ò 28). Ist also die Verformung umkehrbar, d. h. nimmt ein Körper nach Aufhören der verformenden Kraft seine ursprüngliche Form wieder an, so ist das Material elastisch.

Es gilt die Beziehung

1. Verformung $\sim$ Spannung (Hooksches Gesetz)

Das Maß der elastischen Verformung ist durch die elastischen Eigenschaften des Materials gegeben. Diese Materialkonstante wird als Elastizitätsmodul (E-Modul) bezeichnet und ist der Verformung umgekehrt proportional.

2. Verformung = $\frac{1}{E}$ · Spannung

Je größer der E-Modul eines Werkstoffes ist, desto geringer

ist seine Verformbarkeit. Der E-Modul ist also ein Maß für die Widerstandsfähigkeit gegen Verformung und hat die Dimension einer Spannung [kg mm $^{-2}$] .

Da das Hooksche Gesetz nur Gültigkeit in den Grenzen der elastischen Verformung hat, bedarf es einer weiteren physikalischen Größe, um diese Grenze festzulegen. Sie heißt Elastizitätsgrenze (E-Grenze) und wird in der Dimension einer Spannung [kg mm $^{-2}$] gemessen. Sie ist definiert als diejenige Spannung, die bei einem Werkstoff eine bleibende Verformung von 0,01% hervorruft.

Beide Größen E-Modul und E-Grenze sind im Biegeversuch zu bestimmen. Rechnerisch gilt für den Biegeversuch das Gesetz der Statik eines Freiträgers, d. h. eines einseitig eingespannten und senkrecht zu seiner Länge belasteten elastischen Stabes kreisförmigen Querschnitts.

Abbildung 1

f = Durchbiegung

l = Länge des Prüfkörpers

P = angreifende Kraft

E = Elastizitätsmodul

r = Radius des Querschnitts des Prüfkörpers

σ_E = Elastizitätsgrenze

Für seine Durchbiegung gilt:

$$f = \frac{4 \cdot P \cdot l^3}{3 \cdot \pi \cdot r^4 \cdot E} \qquad 3)$$

Die Gleichung läßt erkennen, daß die Durchbiegung f (Federweg) der einwirkenden Kraft P proportional der Länge l des Prüfkörpers, in der dritten Potenz proportional dem Radius r, in der vierten Potenz und dem E-Modul E umgekehrt proportional ist.

Durch Umformung ist der E-Modul

4.) $$E = \frac{4 \cdot P \cdot l^3}{3\pi \cdot r^4 \cdot f}$$

Als abhängige Veränderliche bleiben nur P und f, womit der E-Modul durch Messung dieser Größen im Biegeversuch errechnet werden kann.

Für die Elastizitätsgrenze gilt

5.) $$E = \frac{4 \cdot P \cdot l}{\pi \cdot r^3}$$

Beträgt also die unter der Kraft P auftretende bleibende Verformung 0,01% der Länge l des Prüfkörpers, so läßt sich aus der Formel (5) die E-Grenze für das benutzte Material errechnen.

L o e b i c h (21) gibt eine graphische Methode zur Bestimmung der E-Grenze an. Hiernach ergibt die im Biegeversuch gemessene angreifende Kraft P und die Durchbiegung f graphisch dargestellt das Kraft-Weg-Diagramm. Im elastischen Bereich des Materials ergeben die Werte eine Gerade, denn P ist f direkt proportional. Der Punkt der Abknickung der Geraden ist der Wert für die E-Grenze, denn nun steigen die Werte durch die bleibende Verformung für f steiler an als für P.

Obwohl das elastische Verhalten von Dentallegierungen, die für die Klammerherstellung benutzt werden, von außerordentlicher Wichtigkeit ist, werden von den wenigsten Herstellern hierüber genaue Angaben gemacht.

Bekannt sind unter anderen E-Modul bzw. E-Grenze folgender Metall-Legierungen:

	E-Modul	E-Grenze	
Degulor MO Gußleg.	$10 \cdot 10^3$ kg/mm^2	------	nach Angaben der Degussa
Degulor M "	$9{,}98 \cdot 10^3$ kg/mm^2	------	
Wironit "	$20{,}9 \cdot 10^3$ kg/mm^2	33,8 kg/mm^2	nach Lenz (20)
V_2A-Draht	$15{,}6 \cdot 10^3$ kg/mm^2	32,9 kg/mm^2	

Beim Vergleich der elastischen Eigenschaften von Wironit und V_2A-Draht ist folgendes interessant: Beide Metall-Legierungen haben, obwohl das eine Material gegossen, das andere gezogen ist, die gleiche E-Grenze, jedoch unterschiedliche E-Module. Das bedeutet, der Gußwerkstoff wird bei gleicher Krafteinwirkung infolge seines höheren E-Moduls weniger verformt. Aus dem Verhältnis der E-Module beider Metall-Legierungen ergibt sich bei gleicher Krafteinwirkung von Wironit zu V_2A-Draht ein Verhältnis der Verformung wie 1 : 0,75.

Nach E i c h n e r (7) und L o e b i c h (21) beträgt der E-Modul der Dentallegierungen in Gruppen:

Edelmetall-Legierungen:

Gold-Platin-Legierungen
Silber-Palladium-Legierungen $9{,}5 \cdot 10^3$ kg/mm^2

Chrom-Kobalt-Molybdän-Legierungen
Nickel-Chrom-Kobalt-Legierungen $19 \cdot 10^3$ kg/mm^2
Chrom-Nickel-Legierungen

Daraus geht hervor, daß bei gleicher Dimension einer Gußklammer eine Klammer aus Gold-Platin-Legierung etwa nur die halbe Retentionskraft einer Klammer aus Chrom-Kobalt-Legierung besitzt, da sich der E-Modul wie 1 : 2 verhält. Erst bei geringerem Querschnitt oder Verlängerung der Klammer oder geringerem Federweg (Formel 4, Seite 12) würde die Chrom-Kobalt-Klammer die Retentionswerte der Goldklammer erhalten.

Diese Tatsache rechtfertigt die Forderung, bei Herstellung von Gußklammern Wachsschablonen bzw. genormte Meßteller zu

verwenden, die auf die entsprechenden Metall-Legierungen abgestimmt sind.

b. Dimension der Klammerarme

Die Umformung der Formel 3 (Seite 11) ergibt

6) $P = \frac{3\pi}{4} \cdot \frac{r^4 \cdot f \cdot E}{l^3}$

Daraus ist ersichtlich: 1. Je länger und dünner die Klammerarme gestaltet sind, desto geringere Kräfte sind für ihre Verformung notwendig und umgekehrt.
2. Ein kurzer, dünner Klammerarm besitzt die gleiche Retentionskraft wie ein langer, dicker Klammerarm.

Die Klammerarme sollten also, je nach Aufgabe die sie zu erfüllen haben, in ihrer Dimension auf die auftretenden Kräfte -Abhebung, Drehung, Kippung- abgestimmt sein.

Besitzt ein Klammerarm in seiner gesamten Ausdehnung den gleichen Querschnitt, so sind die Biegekräfte am Übergang zum starren Klammerkörper am größten, demnach ist bei Überbelastung mit einem Bruch der Klammer an dieser Stelle zu rechnen.

Diese Tatsache veranlaßte W a g n e r (29) rechnerisch nachzuweisen, daß ein Klammerarm in der Form einer kubischen Parabel hergestellt werden müßte, um an jedem Punkt seiner Länge die gleiche Biegespannung aufzuweisen.

Die im Ney-Klammersystem geforderte Kuhhornform der Klammerarme entspricht dieser Forderung weitestgehend.

c. Lage der Klammerarme.

In der Formel 6 ist P und f direkt proportional. Wird also ein größerer Federweg verlangt, so muß die verformende Kraft entsprechend größer sein. D. h. mit Verlegen der Klammerspitze in stärker untersichgehende Gebiete, erhöht sich die Retentionskraft.

Selbstverständlich kann der Federweg nicht beliebig groß gewählt werden, denn er ist abhängig von den Materialeigen-

schaften wie E-Grenze und E-Modul. Würde bei einem zu groß gewählten untersichgehenden Gebiet die E-Grenze überschritten werden, tritt eine bleibende Verformung der Klammer ein, wobei ein bestimmter Federweg, der dem elastischen Bereich des Materials entspricht, erhalten bleibt. Mit anderen Worten: Die Retentionskraft wird zunächst sehr hohe Werte aufweisen, um dann nach der bleibenden Verformung der Klammer einen wesentlich kleineren aber konstanten Wert zu zeigen.

Das untersichgehende Gebiet muß also in seiner Größe auf Klammermaterial und Dimension der Klammerarme abgestimmt sein, eine Tatsache, die im Ney-System durch die genormten Meßteller voll berücksichtigt wird.

d. Abzugsrichtung.

Beim Vermessen eines Klammerzahnes wird eine bestimmte Abzugsrichtung für die anzuwendende Klammer festgelegt. Wird die Abzugsrichtung willkürlich verändert, so verkleinert oder vergrößert sich entsprechend der gewählten Richtung das untersichgehende Gebiet des Retentionsfeldes am Klammerzahn. Durch die veränderte Abzugsrichtung der Klammer werden beim Abziehen die Klammerenden weniger oder mehr aufgebogen, demnach wird die Retentionskraft geringer oder größer werden, wobei ein zu starkes Ansteigen der Retentionskraft die Gefahr einer bleibenden Verformung bedeutet.

Wird eine partielle Prothese durch Klammern am Restgebiß verankert, müssen die Abzugsrichtungen der Klammern parallel verlaufen, also einer gemeinsamen Richtung entsprechen, wenn bleibende Verformungen von Klammerarmen, die zu einer unerwünschten Verringerung der Retentionskraft führen, vermieden werden sollen. Die Lage der Klammer an den Klammerzähnen kann also nicht nach Augenmaß sondern nur durch eine genaue Vermessung mit Hilfe eines Parallelometers bestimmt werden.

e. Rauhigkeitsgrad von Klammer- und Zahnoberfläche.

Der Rauhigkeitsgrad der Klammer- und Zahnoberfläche ist ein Faktor, der beim Abziehen der Klammer die auftretende Haft- und Bewegungsreibung beeinflußt. Es gilt folgende Gesetzmäßigkeit: Haftreibung und Bewegungsreibung (Gleitreibung) sind Widerstände, die dem Rauhigkeitsgrad proportional sind. Die Kräfte, die zur Überwindung dieser Widerstände notwendig sind, konnten bei der Bestimmung der Retentionskraft unberücksichtigt bleiben, da sie einen konstanten Faktor darstellen, der die Retentionskraft nur unwesentlich beeinflußt. Der Rauhigkeitsgrad der Klammer ist im klinischen - wie im Versuchsfall - gleich, da die am Zahn bzw. Zahnmodell anliegenden Flächen der Klammer im Interesse einer hohen Paßgenauigkeit nicht ausgearbeitet werden. Der Glätte der Schmelzoberfläche der Zahnkrone wurde im Versuch durch Hochglanzpolieren des Zahnmodells aus Hartstahl entsprochen.

Haft- und Bewegungsreibung werden durch Gleitmittel verringert. Da im Munde der Speichel in diesem Fall als Gleitmittel fungiert, wurde für den Versuch, um ähnliche Verhältnisse zu schaffen, Öl als Schmiermittel benutzt.

f. Paßgenauigkeit der Klammer.

A n d e r e s (1), C a r t e r u. K i d d (3) haben neben anderen die Paßgenauigkeit von vergossenen Chrom-Kobalt-Legierungen untersucht und stellten bei der Verwendung der heutigen Einbettmassen fest, daß diese bei der notwendigen Erhitzung nicht genügend expandieren und damit entsprechend die Klammern geringfügig zu eng werden.

Eine zu enge Klammer würde eine höhere Retentionskraft zur Folge haben. Darüber hinaus besteht aber die Gefahr einer bleibenden Verformung, da die Klammer dem Zahn nicht passiv sondern unter Spannung anliegt. Dadurch ist die Elastizität

der Metall-Legierung schon beansprucht und ein Überschreiten der E-Grenze früher möglich.

2. Untersuchungsmaterialien

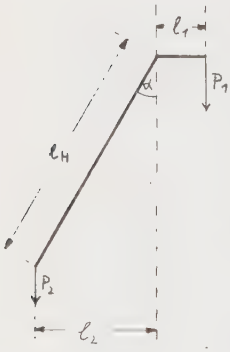
Aus der Gruppe der Edelmetalllegierungen wurde Degulor MO verwendet und aus der Gruppe der Chrom-Kobalt-Legierungen Wironit. Über die technischen Daten wurden von den Lieferfirmen folgende Angaben gemacht.

	Brinellhärte kg/mm^2	Zerreißfestigkeit kg/mm^2	Dehnung %	Spez.Gewicht g/cm^3
Degulor MO ausgehärtet	260	96	10	15,6
Wironit	390	120	8-10	8,20

Die Verarbeitung der Metalle erfolgte nach Angabe der Hersteller.

3. Prinzip der Retentionskraftmessung

Zur Messung der Retentionskraft wurde eine Zerreißprüfmaschine der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) verwendet. Abbildung 5 Sie arbeitet physikalisch gesehen nach dem Prinzip eines zweiarmigen Hebels.



P_1 = Zugkraft α = Auslenkungswinkel

P_2 = Gewicht des Hebels der Länge ℓ_H auf den Schwerpunkt konzentriert.

Bei Erhöhung der Zugkraft P_1 strebt das System den Gleichgewichtszustand an, indem der Hebel bis ℓ_2 auslenkt.

Nach dem Hebelgesetz gilt die Gleichung

$$P_1 \cdot \ell_1 = P_2 \cdot \ell_2$$

wobei $1_2 = 1_H \cdot \cos \alpha$ ist.

Nach P_1, der unbekannten Zugkraft, aufgelöst ist

$$P_1 = P_2 \cdot \frac{\ell_H}{\ell_1} \cdot \cos \alpha$$

Abb. 2

Da ℓ_1, ℓ_2 und P_2 konstant sind, ist die Zugkraft (P_1) eine Funktion vom Auslenkungswinkel.

$$P_1 = f \ (\alpha)$$

Durch das Anbringen einer Meßskala für den jeweiligen Auslenkungswinkel geeicht in kp, läßt sich die Zugkraft P_1 direkt ablesen.

Bei der Retentionskraftmessung wird in die Zugrichtung das System Klammer-Zahnmodell eingebaut und die Zugkraft gemessen, die zum Loslösen der Klammer vom Zahnmodell notwendig ist. Da die Retentionskraft der Klammer durch die Zugkraft überwunden wird, sind in dem Moment des Abgleitens der Klammer beide Kräfte gleichzusetzen.

4. Modellherstellung.

Bei der Modellherstellung sind weitestgehend die Methoden von E i s e l t (10) übernommen worden.

Sollen Versuchsresultate untereinander verglichen werden, so müssen die Versuchsbedingungen und Materialdimensionen u.s.w. standardisiert werden. Für die Versuche wurden deshalb nur die Klammern Nr. 1 des Ney-Systems und Wachsschablonen der Firma Dentauren benutzt. Die Klammern wurden nach einem Hartstahlmodell eines stilisierten Molaren gegossen.

Die Maße des ersten Zahnmodells zur Messung der Retentionskraft sind in der Abbildung 3 wiedergegeben.

Für die Dauerbeanspruchung entsprechend einem rhytmischen Aufbiegen der Klammer wurde die Versuchsanordnung von E i s e l t (10) übernommen (Abbildung 4): Ein zweites Zahnmodell aus Hartstahl mit gleichen Maßen ist auf eine Welle gesetzt und mit einem Excenter versehen. Bei Drehung des Zahnmodells um seine Längsachse bewirkt der Excenter ein Aufbiegen der Klammer entsprechend einem Aufsetzen oder Abziehen vom Zahnmodell.

5. Klammerherstellung.

Vom Zahnmodell wurden Abdrücke mit elastischer Abdruckmasse (Lastic 55 Fa. Kettenbach) genommen. Drei der Abdrücke wurden mit Hartgips ausgegossen, 15 mit Multi-Vest Einbettmasse und weitere 15 mit E-316 Einbettmasse. Die Einbettmassen wurden nach dem Anmischen im Vakuum entlüftet und dann in die Abdrücke gegossen. Die Oberflächenglättung der erhärteten Einbettmassen erfolgte durch Eintauchen in 150° C heißes Bienenwachs für 30 Sec.

Auf den 3 Hartgipsmodellen wurde nach dem Ney-Vermessungsverfahren der Klammerverlauf festgelegt. Die Größe des Retentionsfeldes wurde mit den Ney-Meßtellern 010, 020, 030 bestimmt. Die Längsachse des Zahnmodells entsprach der Abzugsrichtung. An die vermessenen Gipsmodelle wurden Wachsschablonen nach dem festgelegten Klammerverlauf angeklebt. Das Gipsmodell mit der angelegten Wachsklammer wurde mit Kunststoff verkleidet und damit die Situation in einer Hohlform (Matritze) festgehalten. Das Gipsmodell mit Wachsschablone wurde darauf aus der Matritze entfernt. Dann wurde das Zahnmodell aus Einbettmasse in die Matritze gelegt und die Wachsschablonen in die entsprechenden Aussparungen in der Kunststofform gebracht und an das Zahnmodell angeklebt. Damit war die genaue Lage der Klammer des vermessenen Hartgipsmodells auf das Zahnmodell aus Einbettmasse übertragen worden. Das Doublieren war umgangen und das Klammerherstellungsverfahren weiter standardisiert worden.

Als Einbettmethode für die Herstellung der Gußhohlform wurde die indirekte Vakuumeinbettung angewendet. Für die Chrom-Kobalt-Molybdän-Legierung Wironit wurde als Einbettmasse Multi-Vest, für Degulor MO E-316 mit dem vom Hersteller vorgeschriebenen Mischungsverhältnis verwendet.

Weitere Verarbeitung:

	E - 316 (Degulor MO)	Multi-Vest (Wironit)
Aushärten	45 Min.	30 - 60 Min.
Vorwärmofen	30 Min bei 200° C	in 60 Min von 20° auf 260°
Ausglühen	30 Min bei 700° C	in 90 Min von 260° auf 1000°
Gußtemperatur	990° C	1370° C

Nach Angaben der Hersteller erfolgt bei Degulor MO eine Selbstvergütung durch langsames Abkühlen der Gußmuffel nach dem Gießen. Für Wironit empfiehlt die Firma Bremer Goldschlägerei ein Abschrecken nach dem Gießen bei einer Muffeltemperatur von etwa 600° C.

Das Ausarbeiten und Polieren der Gußklammern erfolgte nur an den der Zahnoberfläche nicht anliegenden Flächen der Klammer. Die Innenflächen der Klammer wurden also nicht bearbeitet.

6. Methodik der Messungen.

Zur Messung der Retentionskraft wurde die Klammer A in der Schraubzwinge C, das Zahnmodell B in der Schraubzwinge D befestigt. Abbildung 5 und 7. Nachdem über eine Kurbel mit Zahnradschneckengetriebe die Schubstange S kontinuierlich nach unten bewegt wurde, bewegte sich der Hebel mit Anzeiger Z entsprechend aufwärts. In dem Moment, wo die durch das Kurbeln erzeugte Kraft der Retentionskraft der Klammer entsprach, glitt die Klammer vom Zahnmodell ab, das System war unterbrochen und der Zeiger Z gab auf der Skala F den Wert der aufgewendeten Kraft P_1 an.

Die Fehlermeßbreite betrug nach eigenen Untersuchungen durch Anhängen genormter Gewichte an die Klammer und Angaben der BAM etwa $\pm$ 2%. Die kleinste Skalenmeßeinheit beträgt 10 Pond, die Ablesegenauigkeit 5 Pond.

Die Retentionskraftveränderungen bei Dauerbelastung wurden nach der, wie in Abbildung 6 und 8 angegebenen Versuchsanordnung, durchgeführt.

Die Klammer wurde auf das Zahnmodell mit Excenter geschoben und mit der Apparatur fest verbunden. Das Zahnmodell wurde nun in Rotation gebracht, wobei sich die Klammerenden pro Umdrehung einmal aufbogen.

Die Größe des Federweges entsprach je nach dem zur Vermessung des Retentionsfeldes benutzten Meßtellers 0,25 mm, 0,50 mm, 0,75 mm.

Mit Hilfe eines Zählwerkes wurde die Anzahl der Umdrehungen des Zahnmodells festgehalten. Die Messung der Retentionskraft erfolgte bei 500, 1000, 2000, 3000, 5000, 7000, 10 000, 15 000 und 20 000 Umdrehungen. Dieses Ablesschema wurde aufgrund von Probeversuchen festgelegt, da schon nach wenigen Beanspruchungen der Klammer ein starker Retentionskraftverlust eintrat. Die Anzahl von 20 000 Umdrehungen bzw. Belastungsimpulsen konnte als ausreichend angesehen werden, da in diesem Bereich die Retentionskraft sich nur sehr wenig noch veränderte. 20 000 mal Aufbiegen der Klammer dürfte etwa bei dreimaligem Reinigen einer partiellen Prothese pro Tag einer Tragezeit von 9 Jahren entsprechen.

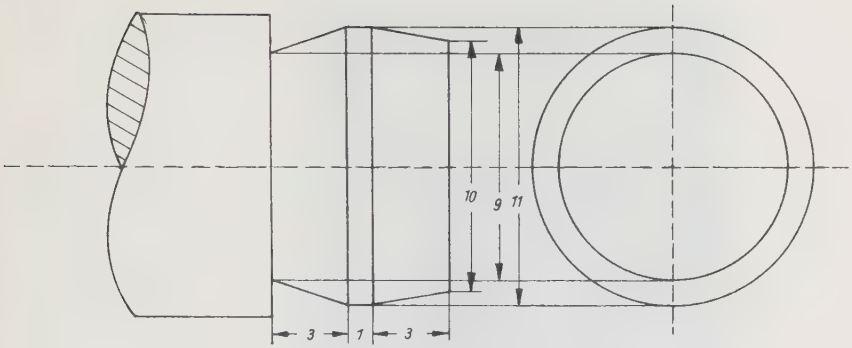


Abb. 3 Aufrißzeichnung des Zahnmodells aus Hartstahl.
(nach Eiselt10)

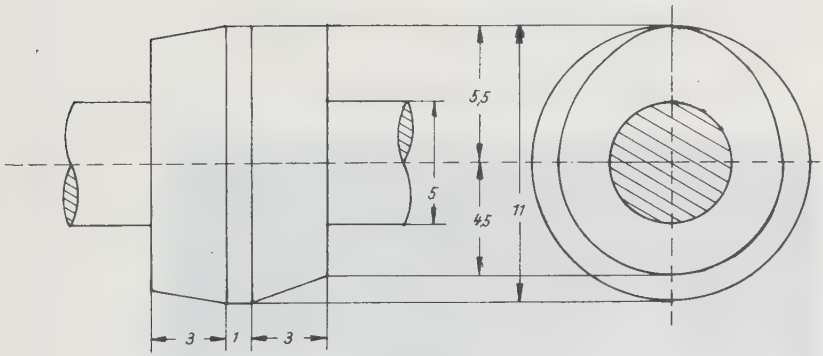


Abb. 4 Zahnmodell mit Excenter für die Messungen bei Dauerbeanspruchung.

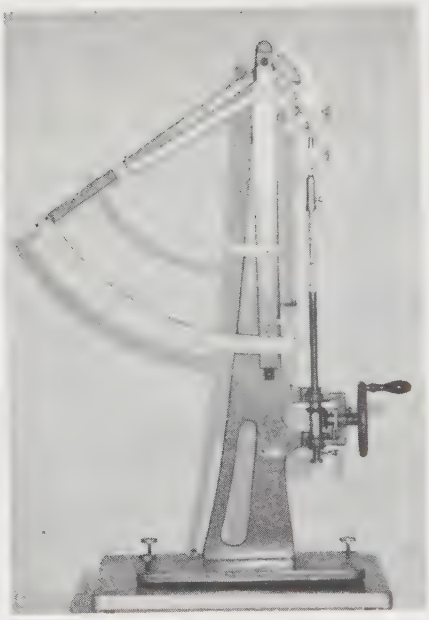


Abb. 5 Zerreißprüfmaschine zur Bestimmung von Retentionskräften.

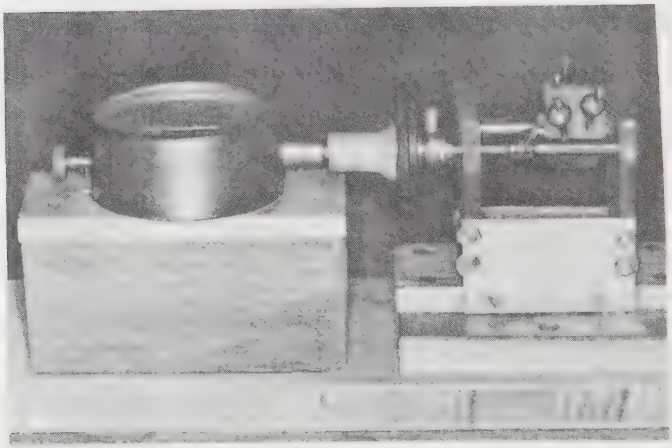


Abb. 6 Versuchsanordnung zur Dauerbeanspruchung der Klammern.

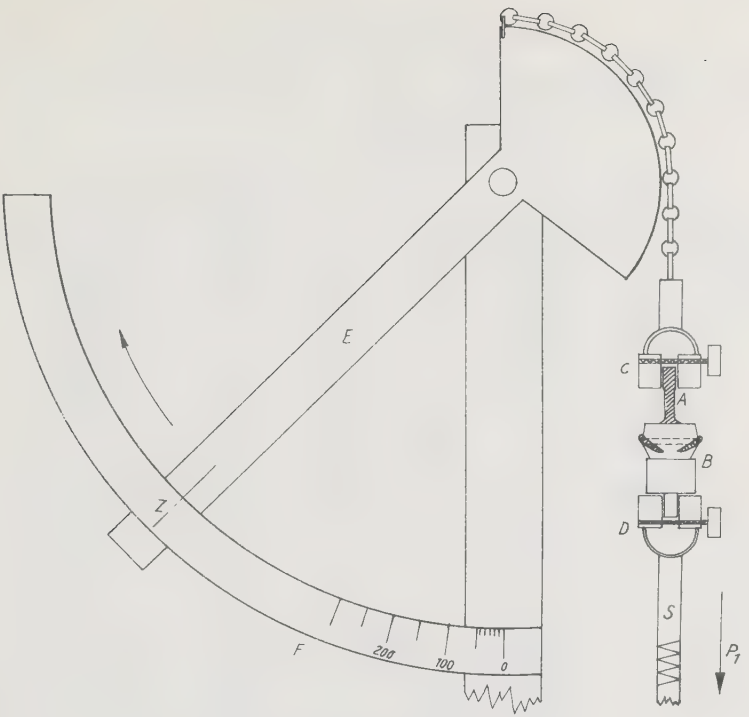


Abb. 7 Schematische Darstellung der Zerreißprüfmaschine

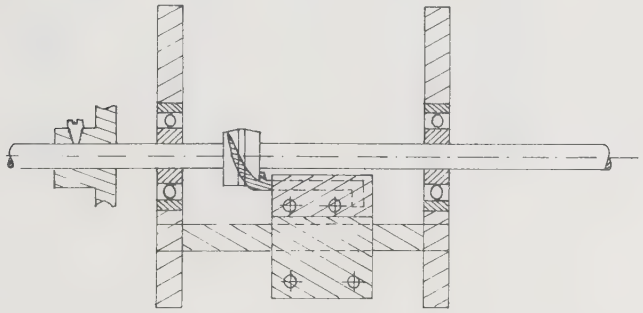


Abb. 8 Aufrißzeichnung der Versuchsanordnung zur Dauerbeanspruchung. (nach Eiselt 10)

v. Ergebnisse

1. Tabellen

Retentionskraftwerte in rond. MW = Mittelwert.

010 Meßteller

Wironit		Degulor M0	
Klammer	Retentionsk.	Klammer	Retentionsk.
1	680	1	460
2	620	2	320
3	620	3	380
4	860	4	420
5	570	5	540
MW	670	MW	424

020 Meßteller

Wironit		Degulor M0	
Klammer	Retentionsk.	Klammer	Retentionsk.
1	1040	1	780
2	1850	2	730
3	1380	3	740
4	1540	4	730
5	1440	5	840
MW	1450	MW	764

030 Meßteller

Wironit		Degulor M0	
Klammer	Retentionsk.	Klammer	Retentionsk.
1	1980	1	1130
2	2020	2	980
3	1650	3	1190
4	1600	4	1210
5	2130	5	1100
MW	1876	MW	1122

W i r o n i t 010 Meßteller

B = Belastungsimpulse
MW = Mittelwert
Meßwerte in Pond

Nr.	b=0	500	1000	2000	3000	5000
1	680	580	530	480	450	440
2	620	490	460	440	440	420
3	620	500	460	440	430	430
4	860	550	530	490	460	440
5	570	480	460	425	405	390
MW	670	520	488	455	437	424

Nr	7000	10000	15000	20000	MW
1	430	430	440	430	489
2	430	430	430	420	258
3	410	420	410	420	454
4	430	425	430	430	504
5	480	370	370	360	421
MW	416	415	416	412	465

L e g u l o r m0 010 Medteller

Nr.	B=0	500	1000	2000	3000	5000
1	460	430	430	440	430	430
2	320	300	290	280	290	280
3	380	360	360	360	365	360
4	420	420	410	400	410	410
5	540	500	500	505	500	500
MW	424	402	398	397	399	396

Nr.	7000	10000	15000	20000	MW
1	420	420	410	410	428
2	280	270	285	280	287
3	365	355	360	355	362
4	405	400	400	395	407
5	490	495	480	480	499
MW	392	388	387	384	397

W i r o n i t 020 Meßteller

Nr.	B=0	500	1000	2000	3000	5000
1	1040	920	840	820	720	700
2	1850	1480	1500	1280	1260	1110
3	1380	980	850	800	770	760
4	1540	1260	1120	950	850	840
5	1440	1080	750	720	700	670
MW	1450	1144	1012	914	860	816

Nr.	7000	10000	15000	20000	MW
1	690	650	630	620	763
2	1020	980	960	980	1242
3	780	770	720	700	851
4	820	810	800	800	979
5	620	610	590	580	776
MW	786	764	740	736	922

L e g u l o r M0 020 Meßteiler

Nr.	B=0	500	1000	2000	3000	5000
1	780	730	710	720	700	690
2	730	720	700	700	710	700
3	740	720	720	700	700	710
4	730	680	660	650	640	650
5	840	780	750	740	750	740
MW	764	726	708	702	700	698

Nr.	7000	10000	15000	20000	MW
1	700	680	690	680	708
2	700	700	710	700	707
3	680	670	660	660	696
4	650	640	640	650	659
5	750	740	750	750	759
MW	696	686	690	688	705

W i r o n i t 030 Meßteller

Nr.	B=0	500	1000	2000	3000	5000
1	1980	1445	1310	1140	1065	1000
2	2020	1450	1380	1190	1080	1010
2	1650	1110	1045	920	860	720
4	1600	1070	950	880	830	730
5	2130	1550	1350	1190	1130	1050
MW	1876	1325	1207	1064	993	902

Nr.	7000	10000	15000	20000	MW
1	950	940	930	940	1170
2	1015	1000	1000	955	1214
3	680	630	600	600	881
4	695	640	625	620	864
5	1020	1000	980	970	1237
MW	872	842	827	825	1073

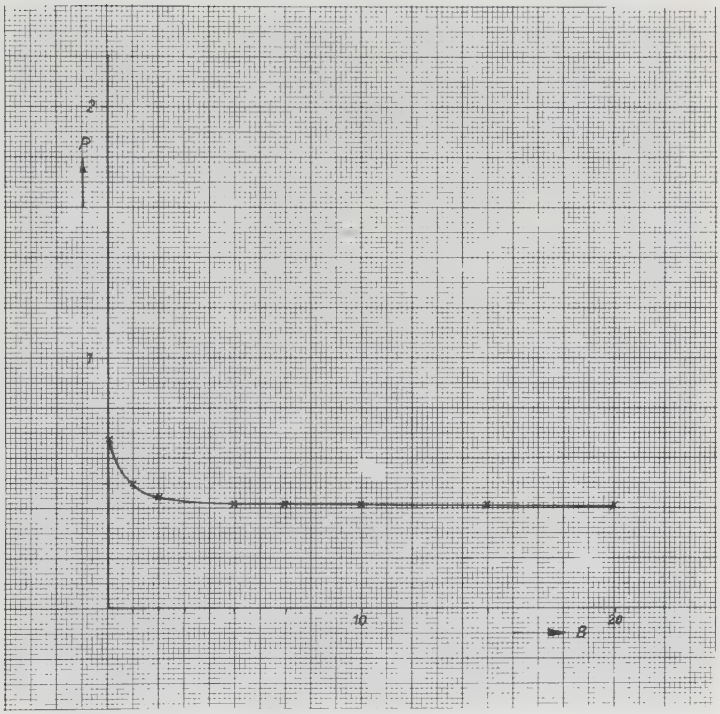
Leguator 40 030 Meßteller

Nr.	B=0	500	1000	2000	3000	5000
1	1130	1070	1050	1050	1050	1040
2	980	900	910	900	895	890
3	1190	1115	1110	1110	1120	1120
4	1210	1130	1105	1110	1100	1100
5	1100	1030	1015	1010	1010	1010
MW	1122	1049	1038	1036	1035	1032

Nr.	7000	10000	15000	20000	MW
1	1040	1040	1040	1040	1055
2	900	890	890	880	907
3	1110	1100	1100	1100	1117
4	1090	1095	1090	1090	1112
5	1015	1010	1000	1000	1020
MW	1031	1027	1024	1022	1042

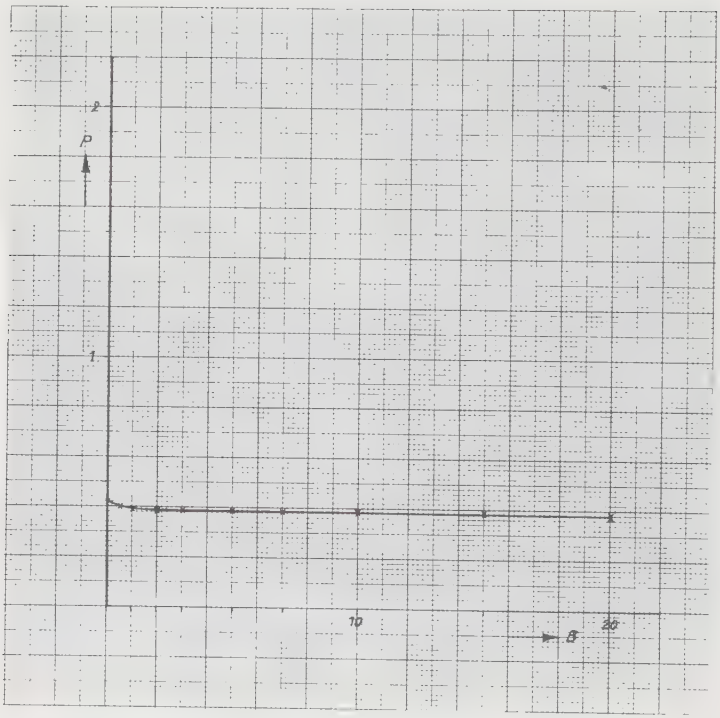
2. Graphische Darstellungen der Meßwerte

Wironit 010 Meßteller



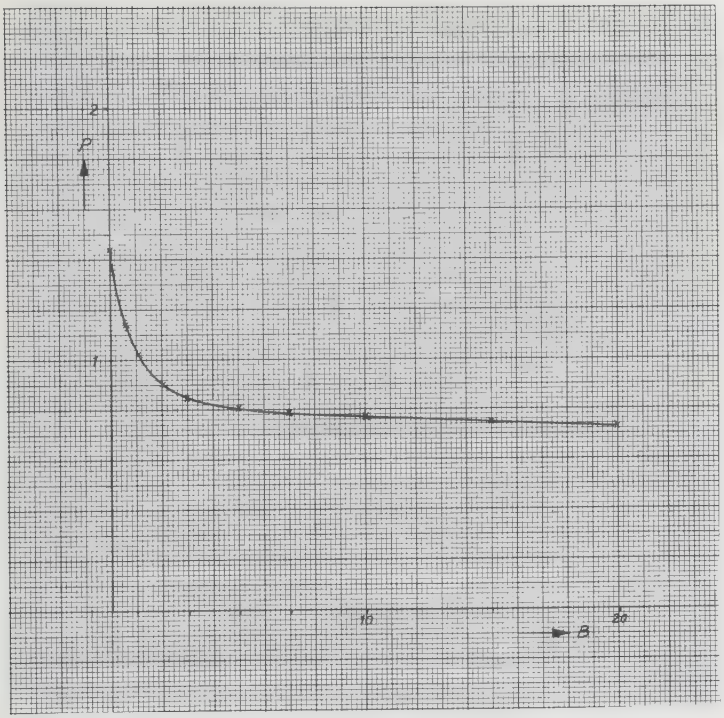
P = Pond
B = Belastungsimpulse
Werte in 1000

Degulor MO 010 Meßteller



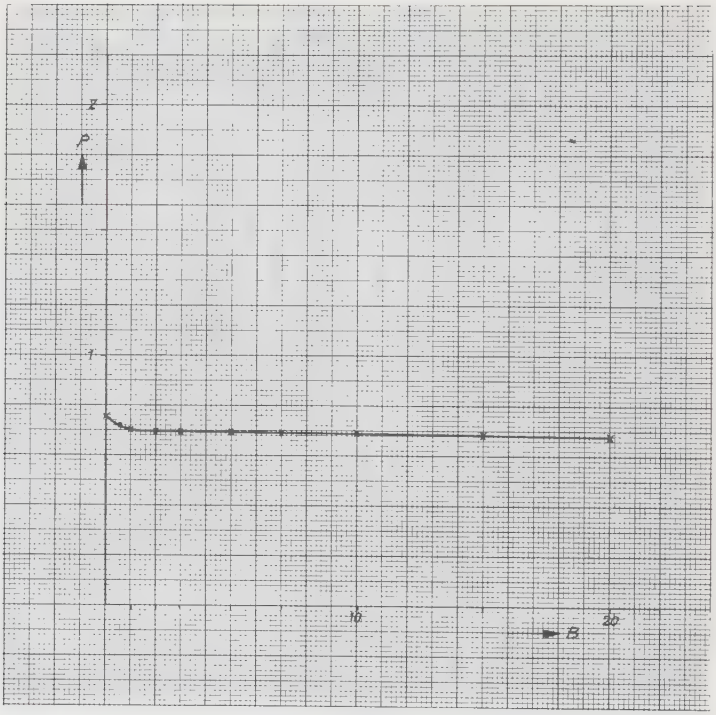
P = Pond
B = Belastungsimpulse
Werte in 1000

Wironit 020 Meßteller



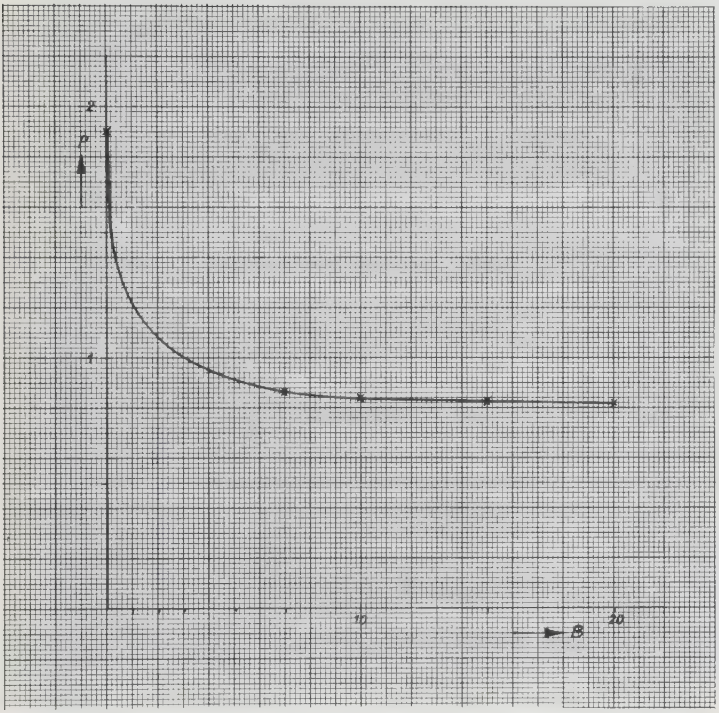
P = Pond
B = Belastungsimpulse
Werte in 1000

Degulor MO 020 Meßteller



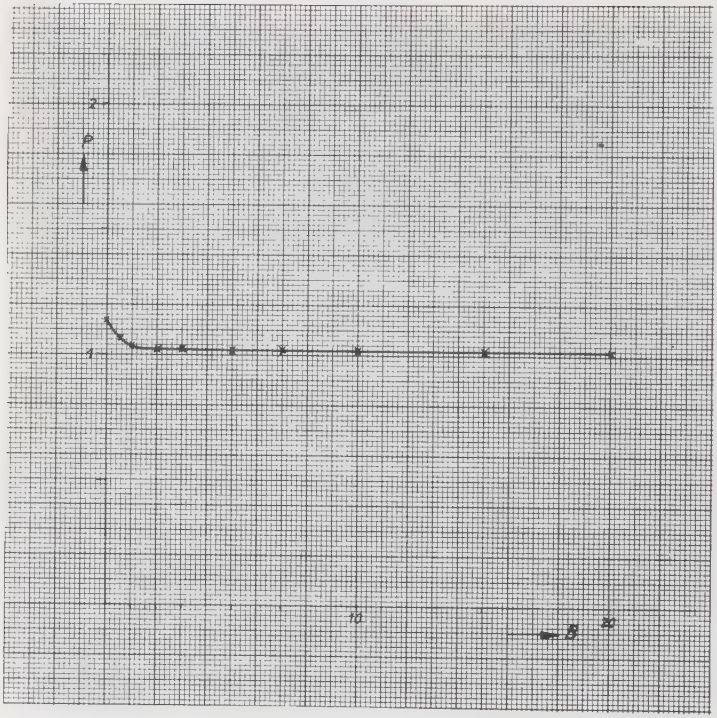
P = Pond
B = Belastungsimpulse
Werte in 1000

Wironit 030 Meßteller



P = Pond
B = Belastungsimpulse
Werte in 1000

Degulor MO 030 Meßteller



P = Pond
B = Belastungsimpulse
Werte in 1000

VI Diskusion

1. Meßverfahren.

Die für diese Untersuchungen verwendete Prüfmaschine zur Bestimmung der Retentionskraft wurde der von Eiselt (10) benutzten Versuchsanlage vorgezogen, da diese folgende Nachteile besaß:

1. Die Klammer wurde an einem Seil von dem Zahnmodell abgezogen, konnte also bis zu einem gewissen Grad einseitig auftretenden Kräften nachgeben. In einer partiellen Prothese hat die Klammer eine starre Verankerung.

2. Die im Meßsystem nach Eiselt (10) aufgetretenen Reibungswiderstände wurden bei hoher Krafteinwirkung relativ groß, da das Abzugsseil über zwei Rollen zu der Gewichtsschale geführt wurde.

3. Zur Erlangung der notwendigen Abzugskraft wurden Gewichte von 10 Pond in Form von Bleikugeln in die Wagschale geschüttet. Die dadurch auftretenden Erschütterungen teilen sich über das Stahlseil der Klammer mit und können damit zu einem zu frühzeitigen Abziehen der Klammer führen.

Diese aufgeführten Gründe machten nach eigenen Untersuchungsproben mit dem von Eiselt (10) benutzten Gerät genaue reproduzierbare Messungen nicht möglich.

2. Meßwerte.

a) Retentionskraft.

Die Größe der Retentionskräfte zeigen für Wironit und Legulor MO folgende Werte: Tabelle 1

	Wironit in Pond	Degulor MO in Pond	Verhältnis der Retentionskraft Wironit : Degulor MO
010 Meßteller	670	424	1 : 0,63
020 Meßteller	1450	764	1 : 0,52
030 Meßteller	1876	1122	1 : 0,59

Anmerkung: Zu den gefundenen Werten ist kritisch zu bemerken, daß der Wert für Wironit bei 030 und 020 Meßteller nicht als signifikant betrachtet werden kann.

Begründung: Die Klammern mußten zur Durchführung der ersten Messung der Retentionskraft auf das Zahnmodell aufgeschoben werden. Bei Verwendung der Meßteller 030 und 020 mußte damit gerechnet werden, daß die Klammern schon bei diesem Vorgang eine bleibende Verformung erfahren haben, da beim Auffedern der Klammern durch das Aufsetzen die elastischen Eigenschaften des Klammermaterials überfordert wurden. Beim Abziehen der Klammer zur ersten Retentionskraftmessung zeigten sich daher geringere als die zu erwartenden Retentionskraftwerte.

Aus der Tabelle Nr. 1 ist zu entnehmen:

1. Die Retentionskräfte von Degulor MO liegen gegenüber Wironit etwa 40% niedriger.
2. In dem Verhältnis, wie die Größe der Federwege der Klammerenden, (1:2:3) nehmen etwa auch die Retentionskräfte zu.

b) Retentionskraftverlust.

Der Retentionskraftverlust bei 20 000 Dauerbeanspruchungen ist aus Tabelle Nr. 2 ersichtlich.

Tabelle 2

Meßteller	B = 0 in Pond		B=20000 in Pond		Mittelwert in Pond		Gesamtverlust in Pond		in %	
	Wi	D-MO	Wi	D-MO	Wi	D-MO	Wi	D-MO	Wi	D-MO
010	670	424	412	384	465	379	258	40	38,5	9
020	1450	764	736	688	922	705	714	76	49	10
030	1876	1122	825	1022	1073	1042	1051	100	56	9

Wi = Wironit D-MO = Degulor MO

Bei Dauerbeanspruchung der Klammer aus Degulor MO ist ein geringer Retentionskraftabfall zu verzeichnen. Dieser tritt

hauptsächlich im Bereich der ersten 1000 Belastungsimpulse auf (siehe graphische Darstellung Seite 34, 36, 38) und ändert sich danach praktisch nicht mehr.

Diese Tabelle Nr. 2 zeigt, daß der Retentionskraftverlust bei Degulor MO unabhängig von dem gewählten Meßteller etwa konstant ist und zwar 9% beträgt. Dies besagt zweierlei:

1. Selbst bei einem Federweg von 0,75 mm (030 Meßteller) tritt noch keine bleibende Verformung auf.
Begründung: Wenn die Elastizitätsgrenze überschritten wäre, müßte der Retentionskraftabfall im Verhältnis zu den beiden anderen Klammergruppen erheblich höher liegen.

2. Die konstanten 9% Verlust sind folgendermaßen zu erklären: Da die Klammer innen nicht ausgearbeitet ist, besitzt sie eine gewisse Rauhigkeit, womit die Reibung und damit die Retentionskraft erhöht wird. Nach etwa 1000 Umdrehungen des Modellzahnes aus Hartstahl ist die Klammer "ausgeschliffen", d. h. die Oberflächenrauhigkeit und damit die Retentionskraft hat abgenommen.

Die Werte der Versuche mit der Chrom-Kobalt-Molybdän-Legierung Wironit zeigen wesentliche Unterschiede zu Degulor MO Tabelle Nr. 2.

1. Während die Werte von Wironit bei null Belastungen etwa 40% höher liegen als von Degulor MO, sind sie bei 20 000 Belastungsimpulsen etwa gleich.

2. Der Gesamtretentionsverlust, der bei allen Degulor MO Klammern konstant ist, steigt bei Wironit mit zunehmend größer gewählten Meßteller rapide. Während er bei der 010ner Klammer nur 258 p beträgt, steigt der Gesamtverlust bei der 020iger Klammer auf 714 p, bei der 030iger auf 1051 p.

3. Bei allen drei Wironit Klammergruppen 010, 020, 030 Meßteller tritt bei Dauerbeanspruchung eine bleibende

Verformung auf. Selbst der Federweg von 0,25 mm (010 Meßteller) überschreitet den elastischen Bereich des Materials, denn selbst wenn etwa 10% Retentionskraftverlust auf Glättung der Klammerinnenfläche zurückzuführen ist, bleibt ein Verlust von 28%, was eine bleibende Verformung der Klammer beweist.

4. Der Retentionskraftverlust der Wironit-Klammern konstruiert mit Meßteller 020 u. 030 verteilt sich über die gesamte Meßkurve (Seite 35 u. 37), während bei der 010er Klammer (Seite 33) die Werte sich nach 7000 Belastungsimpulsen nicht mehr wesentlich ändern. Es ist also anzunehmen, daß hier bei einer Retentionskraft von etwa 400 p der Federweg im elastischen Bereich des Materials liegt. Demnach ist theoretisch zu erwarten, daß die Retentionskraftwerte auch für die 020er und 030er Klammer nach unendlich vielen Belastungen bei etwa 400 p liegen, obgleich dies aus den vorliegenden Kurven nur schwer zu ersehen ist.

Tabelle 3

50% des Retentionskraftverlustes

Meßteller	in kp		bei Belastungsimpuls	
	Wironit	Degulor MO	Wironit	Dugulor MO
010	130	20	180	250
020	360	40	320	250
030	525	50	250	200

An Tabelle 3 ist folgendes ersichtlich:

1. Der größte Retentionskraftverlust beider Metalle tritt im Bereich der ersten 250 Belastungsimpulse auf.

2. Während der Retentionskraftverlust für Degulor MO sehr gering ist, etwa 20 - 50 p Verlust bei 250 Belastungen, liegen die Werte für Wironit sehr hoch, bei der 030iger Klammer bis 525 p Verlust und die 020iger Klammer etwa 360 p während der Anfangsbelastungen. Diese Tatsache erklärt die klinische Erfahrung, daß eine partielle Modellgußprothese die ersten

Tage nach der Eingliederung meist nur sehr schwer eingesetzt und herausgenommen werden kann. Nachdem dann die Klammern eine bleibende Verformung und damit einen Retentionskraftverlust erfahren haben, ist das Herausnehmen und Einsetzen der Prothese ohne Schwierigkeiten möglich.

3. Die 010ner Wironit-Klammer verliert bedeutend weniger Retentionskraft, während der ersten 200 Aufbiegungen etwa 130 p. Damit wäre die mit dem 010 Meßteller konstruierte Wironit-Klammer der 020iger und 030iger Klammer vorzuziehen.

Da die Klammer Nr. 1 im Ney-System für Schaltprothesen vorgesehen ist, der Modellguß aber auf der Schaltseite durch zwei Klammern fixiert wird, summieren sich auch die Retentionskräfte. Das würde bei der Vermessung mit dem 020 Meßteller eine Gesamtretention bis etwa 3 kp bedeuten, ein Wert der empirisch gesehen zu hoch liegt, während die Klammern mit dem 010 Meßteller konstruiert eine Gesamtretention von etwa 1,4 kp ergeben und bei langjährigem Tragen der Schaltprothese noch 0,85 kp für die Fixierung garantieren. Nach Messungen von E i c h n e r (8) treten Haftkräfte bei dem Zerkauen von verschiedenen Nahrungsmitteln zwischen 0,1 und 0,5 kp auf. Demnach würde die mit dem 010 Meßteller vermessene Klammer Nr. 1 aus Wironit der 020er Klammer vorzuziehen sein.

VII Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit sollten die Retentionskräfte der Ney-Klammer Nr. 1 und deren Veränderungen bei Dauerbelastungen in Abhängigkeit von den gewählten Unterschnitten und verschiedenen Legierungen untersucht werden.

Es wurden jeweils fünf Klammern mit den Unterschnitten 0,25 mm = 010 Meßteller, fünf mit den Unterschnitten 0,50 mm = 020 Meßteller und weitere fünf mit den Unterschnitten 0,75 mm = 030 Meßteller sowohl in der Gold-Platin-Legierung Degulor MO als auch in der Chrom-Kobalt-Molybdän-Legierung Wironit hergestellt.

Die erste Versuchsreihe ermittelte die Retentionskräfte an einem Hartstahl-Zahnmodell, die zweite Versuchsreihe die Minderung dieser Kraft nach dauerndem Aufbiegen bei einem dem verwendeten Meßteller entsprechenden Federweg.

Die Auswertung der Meßwerte führten zu folgenden Ergebnissen:

1. Degulor MO ist aufgrund des geringeren Retentionskraftverlustes bei Dauerbeanspruchung in seinem elastischen Verhalten dem Wironit bei weitem überlegen. Selbst bei einem Federweg von 0,75 mm tritt keine bleibende Verformung auf. Wironit zeigt noch bei einem Federweg von 0,25 mm eine deutliche Deformation.
2. Die Retentionskraft von Wironit-Klammern ist zu Beginn der Messung etwa 40% größer als die von Degulor MO. Nach 20000 Aufbiegungen liegen jedoch die Werte von Wironit gegenüber Degulor MO niedriger (030 Meßteller) oder etwa gleich (010 - 020 Meßteller).
3. Zur Herstellung einer Klammer Nr. 1 sollte der 010 Meßteller verwendet werden, da der prozentuale Retentionskraftverlust gegenüber den mit 020 und 030 Meßteller vermessenen

Klammern wesentlich geringer ist. Die Retentionskraft ist bei einem Federweg von 0,25 mm je Klammerende groß genug, um eine genügende Fixierung der Prothese zu gewährleisten.

VIII Literaturverzeichnis

1. Anderes, Th.

Paßform von partiellen Gußprothesen

Schweizerische Monatsschrift für Zahnheilkunde 69 (1959)

H. 11 S. 1018

2. Bates, J. F.

Studies related to the fracture of partial dentures. Flexural fertigue of a cobalt-chromium alloy.

Brit. Dent. J 118 (1965) H. 12, S. 532

3. Carter, T. J. und Kidd, J.N.

The precision casting of cobalt-chromium alloy. Part 1: The influence of casting variables on dimensions and finish. Part 2: The influence of casting variables on microstructure and mechanical properties.

Brit. Dent. J 118 (1965) H. 9,S. 383, H. 10, S. 431

4. Drum, W.

Das Ney-Klammersystem. 1. Teil. 2. Teil:

Die Abstützung der partiellen Prothese.

Dtsch. Zahnärztebl. 12 (1958) H. 17, S. 582 H. 18, S. 620

5. Drum, W.

Schablonen für abgestimmte Gußklammern.

Quintessenz H. 10 1959 Ref. Nr. 1333

6. Eichner, K.

Messungen von Befestigungsklammern aus verschiedenen Materialien.

Dtsch. Zahnärztl. Zeitschr. 9 (1954) H. 22 S. 1306

7. Eichner, K.

Messungen von Werkstoffen für abgestützte Teilprothesen.

Dtsch. Zahnärztl. Zeitschr. 19 (1964) H. 7 S. 657

8. Eichner, K.

Aufschlüsse über den Kauvorgang durch elektronische Kaukraftmessung.

Dtsch. Zahnärztl. Zeitschr. 19 (1964) H. 5 S. 415

9. Eichner, K. und Weiss, G.

Graphische Darstellungen des elastischen Verhaltens der gebräuchlichsten Klammerdrähte.

Dtsch. Zahnärztl. Zeitschr. 10 (1955) H. 16 S. 1130

10. Eiselt, K.H.

Messung der Retentionskraftveränderungen von gegossenen Ney-Klammern aus Gold- und Chrom-Kobalt-Legierungen unter der Einwirkung von Dauerbelastungen.

Med. Diss., Berlin 1965

11. Fuhrmann, H.

Werkstoffkundliche Untersuchungen an dentalen Edelmetall-Legierungen unter besonderer Berücksichtigung ihrer Verwendung bei Einstückguß-Freiendprothesen.

Med. Diss. Berlin 1963

12. Gins, H.

Gußklammer oder Drahtklammer.

Zahnärztl. Rundschau 66 (1957) H. 5 S. 95

13. Hahn, P.

Klinische Erfahrungen bei Versorgung von Lückengebissen mit Einstückgußprothesen (Ney).

Dtsch. Stom. 13 (1963) S. 404

14. Hehring, H.

Partielle Modellgußprothesen nach dem Ney-System.

Dtsch. Zahnärztl. Zeitschr. 17 (1962) H. 10 S. 698

15. Heinzt, U.

Die dental getragene Schaltprothese nach dem Ney-System bei starker Achsendivergenz der Trägerzähne.

Dtsch. Zahnärztl. Zeitschr. 12 (1957) S. 628

16. Hoffmann, W.

Zur Mechanik zu Freiendprothesen aus Stahl unter Berücksichtigung materialtechnischer Prüfungen.

Med. Diss. Berlin 1957

17. Kimmel, K.

Die Modellguß-Prothetik eine fortschrittliche Form des herausnehmbaren Zahnersatzes.

Zahnärztl. Welt/Reform 60 (1959) H. 19 S. 590

18. Kropp, R.

Die extraharte Gußlegierung Degulor MO als federnder Werkstoff im Vergleich zu Degulor M.

Zahnärztl. Welt/Reform 65 (1964) H. 8 S. 245

19. Lenz, E.

Ergebnisse physikalischer Prüfungen unserer Modellgußlegierungen.

Dtsch. Stom. 15 (1965) H. 3 S. 202

20. Lenz, E.

Statische und dynamische Untersuchungen zum elastischen Verhalten von Modellgußlegierungen.

Dtsch. Zahnärztl. Zeitschr. 21 (1966) H. 8 S. 955

21. Loebich, O.

Über die Elastizität federnder Dentallegierungen.

I. Dtsch. Zahnärztl. Zeitschr. 8 (1953) S. 464

II. Zahnärztl. Welt 8 (1953) S. 203

III. Dtsch. Zahnärztl. Zeitschr. 10 (1955) S. 133

22. Lorenz, R.

Stellungnahme zum Ney-System.

Zahnärztl. Welt/Reform 63 (1962) H. 5 S. 132

23. Markskors, R.

Praktische Erfahrungen mit dem Ney-Klammersystem.

Dtsch. Zahnärztebl. 14 (1960) S. 235

24. Ney, J. M.

Planned partials - Die gegossene partielle Prothese - übertragen vom Metallographischen Laboratorium der Degussa

DEGUSSA, Frankfurt a. M. 1957

25. Osborne, J. und Lammie, G. A.

Some observations concerning chrom-cobalt denture bases.

Brit. dent. J. 94 (1953) S. 55

26. Rehberg, H. J.

Ein Beitrag zum Problem der Federn und des Federdrahtmaterials in der Prothetik.

A. Dtsch. Zahnärztl. Zeitschr. 7/II (1952) S. 1270

B. Dtsch. Zahnärztl. Zeitschr. 8 (1953) S. 101

27. Singer, F.

Das Ney-Klammersystem.

Dtsch. Zahnärztl. Zeitschr. 11 (1956) S. 177

28. Szabò, J.

Einführung in die Technische-Mechanik.

1961 S. 82

29. Wagner, E.

Der Einfluß der Form auf das elastische Verhalten von Klammern.

Zahnärztl. Welt/Reform 62 (1961) H. 7 S. 205

30. Westphal, O.

Untersuchungen über die elastischen Eigenschaften der Klammermetalle und ihrer Veränderungen.

Zahnärztl. Rundsch. 38 (1929) S. 890

Meinem verehrten Lehrer Prof. Dr. H. K i r s t e n
möchte ich für die Überlassung des Themas meinen herzlichsten
Dank aussprechen.

Gleichzeitig bedanke ich mich für die wertvolle
Unterstützung, die mir Dr. H e h r i n g jederzeit gewährte.

L e b e n s l a u f

Am 29. 3. 1940 wurde ich als Sohn des Zahnarztes Dr. Hans Barz und seiner Ehefrau Elsbeth Barz geb. Zunker geboren. 1946 eingeschult, legte ich Ostern 1960 die Reifeprüfung an der Sophie-Scholl-Schule in Berlin ab. Im darauffolgenden Wintersemester begann ich an der Freien Universität Berlin Zahnmedizin zu studieren. Nach bestandenem Physikum im Sommersemester 1963 legte ich im Sommersemester 1966 mein Staatsexamen ab. Seitdem bin ich in der zahnärztlichen Praxis meines Bruders als Assistent tätig.